

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-230475

(P2001-230475A)

(43) 公開日 平成13年8月24日 (2001.8.24)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テームト*(参考)
H 0 1 S	3/083	H 0 1 S	3/083
	3/137		3/137
	5/0687		5/0687
			5 F 0 7 2
			5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-38791(P2000-38791)

(22) 出願日 平成12年2月16日 (2000.2.16)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成11年9月7日～
9月10日 社団法人電子情報通信学会開催の「1999年電
子情報通信学会 通信ソサイエティ大会」において文書
をもって発表

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 片桐 祥雅

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 秋本 浩司

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100077481

弁理士 谷 義一 (外1名)

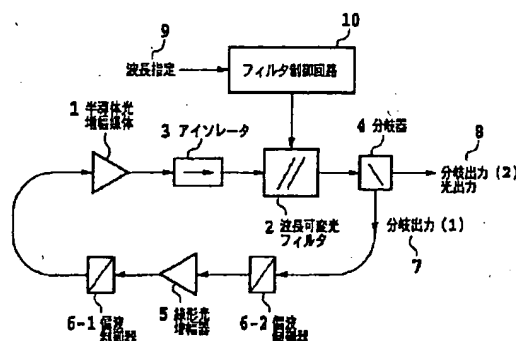
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長可変レーザ光源

(57) 【要約】

【課題】 任意の波長を設定してコヒーレント光並に強
度が安定なレーザ光を発生することが可能な波長可変レ
ーザ光源を提供する。

【解決手段】 分岐器4の分岐出力8は外部に出力し、
他方の分岐出力7は利得飽和作用の弱い線形光増幅器5
を経て偏波制御器6-1を通過して強い利得飽和特性を
有する半導体光増幅媒体1に帰還するリング共振器を構
成する。リング共振器における実効周回利得が最大とな
るように偏波制御器6-1を調整し、リング形光共振器
の少なくとも2つの軸モードでレーザ発振するように波
長可変光フィルタ2の波長選択幅を設定し、線形光増幅
器5の利得を調整して半導体光増幅媒体1を利得飽和状
態とする。また、リング共振器のループ長を調整するこ
とで、波長可変レーザ光源の軸モード間の光周波数間隔
が半導体光増幅媒体1におけるキャリア回復時間の逆数
を越えないように設定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光強度に対して負帰還作用を持つ高利得飽和特性を有する半導体光増幅媒体と、
 不用な戻り光を防止するアイソレータと、
 波長可変光フィルタと、
 光を取り出すための分岐器と、
 低利得飽和特性を有する線形光増幅器と、
 偏波制御器とをループ状に配置したリング形光共振器を有する波長可変レーザ光源であって、
 前記リング形光共振器における実効周回利得が最大となるように前記偏波制御器を調整し、
 前記波長可変光フィルタの中心透過波長近傍で相互相関を持った複数の軸モードでレーザ発振するように該波長可変光フィルタの波長選択幅を設定し、かつ、前記低利得飽和特性を有する線形光増幅器の利得を調整することで前記高利得飽和特性を有する半導体光増幅媒体を利得飽和状態にし、これにより複数の前記軸モードが相関して前記分岐器からの光出力を一定に保持することを特徴とする波長可変レーザ光源。

【請求項2】 前記リング形光共振器の長さを調整することで、波長可変レーザ光源の前記軸モード間の光周波数間隔が前記高利得飽和特性を有する半導体光増幅媒体におけるキャリア回復時間の逆数を越えないように設定したことを特徴とする請求項1に記載の波長可変レーザ光源。

【請求項3】 前記リング形光共振器の各光素子間を光学的に結合している単一モード光ファイバ、または偏波を保持する復屈折光ファイバの長さを調整することを特徴とする請求項2に記載の波長可変レーザ光源。

【請求項4】 前記線形光増幅器に半導体光増幅器を用い、該半導体光増幅器の入力側に第2の偏波制御器を配置したことを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の波長可変レーザ光源。

【請求項5】 前記波長可変光フィルタは連続可変の波長制御を行う可変帯域通過フィルタであり、該可変帯域通過フィルタの透過ピーク波長を外部クロックに同期して掃引することを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載の波長可変レーザ光源。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光伝送システムに用いられる波長可変レーザ光源に関し、特に波長を任意に設定できる低強度雑音のレーザ光源を提供する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】波長可変光源は、多数の信号光を波長軸上で多重化して一括伝送する波長多重(WDM)方式の要素技術の一つである。この波長可変光源への要求条件のひとつは、光伝送システムの要求に応じて自由に波長設定できる光源である。

【0003】このような波長可変光源として、従来から、単一発振周波数の波長可変レーザ光源と単純スペクトルスライス光源とが提供されている。代表的な単一発振周波数の波長可変レーザ光源は、リングまたはファブリペロー形の光共振器内に光増幅媒体と波長可変光フィルタを含む構成のレーザ発振装置である。このレーザ発振装置は、波長可変光フィルタの中心透過波長でレーザ発振をさせるため、共振器の軸モードよりも光フィルタの選択幅(半値全幅等のパラメータで評価している)を狭くする必要があるほか、共振器の光学長が発振波長の整数倍になるように、共振器長を厳密に制御してレーザ発振状態を安定化している。その波長可変性は波長可変光フィルタの可変範囲とレーザ媒質の利得波長帯域とで決まるが、現在利用されているレーザ装置では100nm程度に渡る可変性が実現されている。但し、共振器長が最適状態から僅かにずれると、発振が急速に不安定となり、大きな強度雑音が発生する。このような発振不安定性は、僅かな機械的・熱的擾乱がレーザ共振器系に加えられるだけで生じるため、安定発振状態を得るためにこれらの擾乱を防止する安定化機構を必要としていた。しかし、これら安定化機構はレーザ装置を大型にするため、通信システムへの適用の障害となっている。

【0004】一方、以上述べた従来の波長可変レーザ光源の課題を克服するため、簡易な構成の単純スペクトルスライス光源が検討されてきている。この光源は、広い波長帯域に渡る白色光源を波長可変光フィルタで切り出す波長可変光源であって、任意の波長設定が可能となるほか、中心波長が受動部品である波長可変光フィルタで決まるので、長期的な性能保証も可能であるという特徴がある。

【0005】しかし、単純スペクトルスライス光源は、波長可変光フィルタの透過幅によりスペクトル線幅の最小値が制限されること、及び、フィルタにより多くの光を除去しているのでスライス光の強度自体が弱いこと、及び、フィルタリングにより検出する光子数の時間的揺らぎが発現されるために光強度を減衰させると強度雑音が急速に増大すること、が問題となっていた。

【0006】単純スペクトルスライス光源についてのこれらの課題を解決するため、図5に示すように、リング形の共振器の構成を有するスペクトルスライス光源が本願発明者らにより提案されている(参考文献[1]:片桐、鈴木、相田「安定化単色雑音光の発生」pp. 531, 1999年電子情報通信学会総合大会 B-10-170)。

【0007】図5に示す光源は、利得飽和特性が小さい線形光増幅器5と、アイソレータ3と、波長可変光フィルタ2と、利得飽和特性を有する半導体光増幅媒体1と、分岐器4と、可変減衰器20と、偏波制御器6とがリング状に配置された構成を有している。外部からの波長指定9を受けてフィルタの透過中心波長を制御するフィルタ制御回路10により、波長可変光フィルタ2の透

過中心波長を制御することで、分岐器4の一方の第1分岐出力8から中心波長が指定波長に一致した光を発生させるように動作する。そして、線形光増幅器5または半導体光増幅媒体1で発生した光がリングを多数回周回することにより、単純スペクトルスライス光よりもスペクトル幅が狭く、かつ光出力が大きい光を発生することが可能である。その周回数を増大させるため、偏波依存性が必至の半導体光増幅媒体1に対して偏波制御器6により偏波状態の最適化が行われる。

【0008】さらに、前述の単純スペクトルスライスの持つ光子数揺らぎによる強度雑音を抑圧するため、半導体光増幅媒体1の利得飽和特性が利用されている。これは、過大な光入力に対して利得飽和を利用して光出力を抑圧しようというもので、光リミッタとしての作用から強度安定化が図られる仕組みとなっている。強い利得飽和作用を得るため、線形光増幅器5の利得をできるかぎり上げて半導体光増幅媒体1への光入力レベルを高める必要があるが、その一方で、可変減衰器20によりループの実効利得を下げて不必要なリング共振器のレーザ発振を抑圧している。

【0009】図6は、このように改善されたスペクトルスライス光源の波長スペクトルの典型を示し、線形光増幅器5の持つ自然放光の累積22をよく抑圧して、スペクトル幅が狭く高強度のスペクトルスライス光21が発生する特性を示している。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図5に示すような従来のリング形の共振器構成を有するスペクトルスライス光源は、従来の単純スペクトルスライス光源と比較して、スペクトル幅の低減と高光強度化を達成した光源であるが、以下に説明するように、光子数揺らぎに基づく強度雑音の特有の影響により、高品質の光伝送用光源としての利用が制限されるという解決すべき課題がある。

【0011】図7は、観測時間のスロットをTとしたとき、スロットT内で検出する光子数nに対する事象の頻度を規格化したもの、すなわち、確率密度の分布を種々の光に対して示したものである。

【0012】まず、単純スペクトルスライス光25の場合には、カオス的な振る舞いから、頻度が光子数nに対して単調減少するボーズアインシュタイン分布となる。これは、検出光子数の平均値がたとえ $\langle n \rangle$ と有限値であっても、全く光子を検出しない確率が最も高いことを示しており、光子数の数で1, 0の符号を識別する直接変調・直接検波方式では大きなエラーを発生させる要因となり、許容できない。

【0013】一方、リング形の共振器の構成を有するスペクトルスライス光源は、強度安定化により、光子分布がコヒーレント光に対応したポアソン分布23と比較して、幅は広いもののこれと同様の分布形状を有するス

ーパーポアソン分布24となることが示されている。

【0014】光の強度を減衰していった場合、コヒーレント光に対応したポアソン分布23の広がりには変化しないが、他のスーパーポアソン分布24やボーズアインシュタイン分布25の分布範囲は広がる。このような分布の広がり、限定された観測時間Tでは光強度雑音となって反映される。

【0015】このため、図8に示すように、波長可変光源を強度変調器によりデータコーディングしてその誤り率(BER:ビットエラーレート)を測定する場合に、受信光強度を増大しても誤り率が抑圧できないフロアーを生じる。(なお、確率統計では、一般に、母集団(ここでは光子数)が多い場合には、集団の分布はガウス分布となるが、母集団を構成する要素数を絞っていくと、各々に固有の確率分布が現れる。ここでは、光の性質により、光子数が極端に少ないときに、ボーズアインシュタインからスーパーポアソン、さらにはポアソン分布が発現される。このような分布はカオス光やコヒーレント光により特徴化されるので、分布形状の測定を利用した光の状態の判定に用いられている。)受信光強度と誤り率との間の関係で、図8に示すようなフロアーが生じるのは、レーザ場を形成しないスペクトルスライス光の特徴である。このようなフロアーは、時間スロットTの減少とともに顕著となり、さらに、極めて誤り率の小さい高品質データ転送の場合に、必要な光強度が指数関数的に増大するという理由から、長スパン、高ビットレート光伝送を行うことへの障害となっていた。

【0016】本発明の目的は、上述のような従来技術の課題を解決するため、光子数分布がコヒーレント光に対応したポアソン分布に近づく程に安定化した光を発生させることができる波長可変レーザ光源を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1に記載の波長可変レーザ光源の発明は、光強度に対して負帰還作用を持つ高利得飽和特性を有する半導体光増幅媒体と、不用な戻り光を防止するアイソレータと、波長可変光フィルタと、光を取り出すための分岐器と、低利得飽和特性を有する線形光増幅器と、偏波制御器とをループ状に配置したリング形光共振器を有する波長可変レーザ光源であって、前記リング形光共振器における実効周回利得が最大となるように前記偏波制御器を調整し、前記波長可変光フィルタの中心透過波長近傍で相互相関を持った複数の軸モードでレーザ発振するように該波長可変光フィルタの波長選択幅を設定し、かつ、前記低利得飽和特性を有する線形光増幅器の利得を調整することで前記高利得飽和特性を有する半導体光増幅媒体を利得飽和状態にし、これにより複数の前記軸モードが相関して前記分岐器からの光出力を一定に保持することを特徴とする。

【0018】ここで、前記リング形光共振器の長さを調整することで、波長可変レーザ光源の前記軸モード間の光周波数間隔が前記高利得飽和特性を有する半導体光増幅媒体におけるキャリア回復時間の逆数を越えないように設定したことを特徴とすることができる。

【0019】また、前記リング形光共振器の各光素子間を光学的に結合している単一モード光ファイバ、または偏波を保持する復屈折光ファイバの長さを調整することを特徴とすることができる。

【0020】また、前記線形光増幅器に半導体光増幅器を用い、該半導体光増幅器の入力側に第2の偏波制御器を配置したことを特徴とすることができる。

【0021】また、前記波長可変光フィルタは連続可変の波長制御を行う可変帯域通過フィルタであり、該可変帯域通過フィルタの透過ピーク波長を外部クロックに同期して掃引することを特徴とすることができる。

【0022】

【発明の実施形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

（実施形態の基本構成）まず、本発明を適用した波長可変レーザ光源の基本構成とその作用原理を説明する。

【0023】本発明では、光増幅媒体と波長可変光フィルタを用いた波長可変のリング共振器レーザに対して、波長可変光フィルタの中心透過波長近傍で相互相関を持った複数の軸モードを発振させることにより、光子数分布がコヒーレント光に対応したポアソン分布に近づく程に安定化した光を発生させることの可能な波長可変レーザ光源を実現する。

【0024】詳細には、まず、少なくとも2つの軸モードで発振するように、波長可変光フィルタの波長選択幅（半値全幅で数値的に特徴付けられている）を調整する。このような多モード発振を前提として、さらに、複数のモードが負の相互相関を持つことにより全光子数を一定に保持するように、強い利得飽和特性を有する半導体光増幅媒体をリング共振器の光の経路上に配置する。ここで、利得飽和は、光子数の揺らぎを抑圧するランジュバン力を与えることが知られている。

【0025】図2は、このような利得飽和特性を有する半導体光増幅媒体の機能をブロックで示す。図2では、簡単のため、電流注入により発生する飽和のない線形利得部分（係数 G_0 ）12と、飽和をフィードバック系により行う利得飽和部分13とに分けて、その機能構成を示している。従って、半導体光増幅媒体の正味の利得係数 G （ $G = P_{out}/P_{in}$ ： P_{in} =入力光強度、 P_{out} =出力光強度）は、入射光強度 P 及び飽和光強度 P_s を用いて

【0026】

【数1】

$$G = G_0 \left(1 + \frac{P}{P_s} \right)^{-1} = G_0 - \frac{P}{P_s} \cdot G_0 \quad (1)$$

【0027】と書ける。この(1)式は光強度に対して半導体光増幅媒体が負帰還作用を持つことを意味している。負帰還作用については、参考文献[2]の中ですでに指摘されているが、その対象は純粋な単一モードのレーザの量子揺らぎを抑圧して、光子数スクイズド状態を発生させることにあり、本発明に係る下記の多モードレーザのモード間相関については言及されていない。

（参考文献[2]：Y. Yamamoto, N. Imoto, and S. Machida, "Amplitude squeezing in a semiconductor laser using quantum nondemolition measurement and negative feedback," Phys. Rev. A, 33, pp.3243-3260(1986).）

【0028】このような利得飽和特性を有する半導体光増幅媒体を利用した波長可変レーザでは、図3に示すように、波長可変光フィルタの透過中心波長 λ_0 を中心に、多数の軸モードが同時に発振している。これらの軸モードは負の相関を持っていて、それらの総和はコヒーレントな干渉作用を無視して考えると、それらの総和、すなわち、全光出力は一定となる。

【0029】図4は、このようなモード間相関による光出力一定化の機構を、3つの軸モードのモデルを用いて説明した図であり、異なる発振状態A、BおよびCが同一の総和を持つことが示されている。

【0030】このような多モードのレーザ光は、スペクトルの広がりやスペクトルスライス光に類似しているが、個々の光子はコヒーレンス性が高く、スペクトルスライス光よりも大幅に光子数密度が高く、従って、高出力である。さらに、このような光は本質的にレーザ場を形成するので、光子数分布はスーパーポアソン分布からポアソン分布に近づく。このため、このような多モードのレーザ光は、従来のスペクトルスライスのような光子数揺らぎによる強度雑音の発生が除去され、単一発振周波数レーザ並の低強度雑音特性が実現される。

【0031】以上述べたことを定量化して考える。利得飽和に基づくランジュバン力による光子数揺らぎの抑圧力を H 、リング内を周回するレーザ光の強度揺らぎを Γ 、利得媒質により印加される光強度雑音を Γ_i 、バイアス電流の揺らぎに伴う光強度雑音及び増強因子をそれぞれ Γ_1 、 ξ とすると、リング共振器では、次式

【0032】

$$\Gamma = \frac{\Gamma_c}{1 + \xi H} + \frac{\Gamma_i}{H + 1/\xi} \quad (2)$$

が成り立つ。

【0033】半導体光増幅媒体への注入電流を大きくとって、上記抑圧力 H と増強因子 ξ を同時に増大した場合、強度雑音（強度揺らぎ） Γ は Γ_i/H に漸近する。

通常、秩序化力（抑圧力） H は光強度雑音 Γ 、に比べて十分大きいので、 Γ/H は0とみなせる。従って、ランジュバン力による光子数揺らぎの抑圧力 H が有効な帯域で、強度雑音 Γ を抑圧できる。この H が有効な帯域とは、キャリア回復時間の逆数として近似的に与えられる。従って、キャリア回復時間を短くするほど、抑圧できる周波数帯域は上昇し、高ビットレートのデータ伝送まで適用可能となる。半導体光増幅媒体（半導体光増幅器）ではキャリア回復時間は数psまで短縮可能であり、理論的には、100Gbps以上の高速光信号で特徴づけられる時間スロット（10ps以下）の尺度で、光子数揺らぎの低減効果が期待できる。

【0034】以上述べた理由から、本発明の基本態様では、リング形光共振器における実効周回利得が最大となるように偏波制御器を調整し、リング形光共振器の少なくとも2つの軸モードでレーザ発振するように波長可変光フィルタの波長選択幅を設定し、かつ、低利得飽和特性を有する線形光増幅器の利得を調整して半導体光増幅媒体を利得飽和状態とすることで、複数の軸モードが相関して分岐器からの光出力を一定に保持するようにしている。

【0035】また、以上述べた基本的なリングレーザの作用に加え、高ビットレートに対応するため、キャリア回復時間が極めて短い半導体光増幅媒体を用いた場合には、別の検討が必要である。

【0036】すなわち、キャリア回復時間が短い程、高速の変動に対応できるが、リング形光共振器レーザで光子数揺らぎをすばやく抑圧するためには、ループ長を短くしてループ応答速度を高める必要がある。しかし、過度にループ応答速度を速くすると、半導体光増幅媒体のキャリア緩和時間よりも短くなるので、変動が累積して十分な抑圧効果を得ることができない。このため、キャリア回復時間よりもループ応答速度を遅くすることが必要となる。したがって、使用する半導体光増幅媒体のキャリア回復時間に最適なループ長を与えることが必要となる。

【0037】そこで、本発明の更なる態様では、波長可変レーザ光源を構成するリング形光共振器の長さを調整することで、波長可変レーザ光源の軸モード間の光周波数間隔が利得飽和特性を有する半導体光増幅媒体におけるキャリア回復時間の逆数を越えないように設定している。

【0038】（第1の実施形態）図1は、本発明の好ましい一実施形態の波長可変レーザ光源の構成を示す。同図に示す波長可変レーザ光源は、高利得飽和特性を有する半導体光増幅器1、アイソレータ3、波長可変光フィルタ2、分岐器4、線形光増幅器5、および偏波制御器6-1がリング状（ループ状）に配置されたリング形光共振器を構成している。このような配置構成を実現するためには、通常、各光素子間を単一モード光ファイバを

用いて光学的に結合してゆくが、偏波を保持する復屈折ファイバを用いることもできる。

【0039】ここで、ループ内の半導体光増幅器1の光出力ポートに配置されたアイソレータ3は、リングを周回する光の方向を定めるほか、不要な戻り光による光増幅媒体1の発振を防止する役割を果たしている。波長可変光フィルタ2には、誘電体多層膜光フィルタ、音響光学光フィルタ等の様々な波長選択フィルタが利用でき、それぞれ、フィルタ制御回路10を介して、ビームの入射角度や透過位置、印加RF信号周波数で波長を選択するようになっている。

【0040】分岐器4は、ループから光（第2の分岐出力8）を取り出すのに使用する。分岐器4から出力する他の第1の分岐出力7は、利得飽和作用の弱い線形光増幅器5を経て、偏波制御器6-1を通過して、半導体光増幅媒体1に帰還する。線形光増幅器5には、通常は、希土類元素添加ファイバ形光増幅器が利用できるが、飽和光強度が極めて高い半導体光増幅器も代用可能である。但し、後者の半導体光増幅器を線形光増幅器5として用いる場合には、偏波面を制御して最大利得を得るために、その入射側に第2の偏波制御器6-2を配置することが必要となる。半導体光増幅媒体1の入射側（光入力ポート）に偏波制御器6-1が配置されているのは同様の理由による。

【0041】そして、リング共振器における実効周回利得が最大となるように偏波制御器6-1を調整し、リング形光共振器の少なくとも2つの軸モードでレーザ発振するように波長可変光フィルタ2の波長選択幅を設定し、かつ、低利得飽和特性を有する線形光増幅器5の利得を調整して半導体光増幅媒体1を利得飽和状態とすることで、複数の軸モードが相関して分岐器4からの光出力8を一定に保持するようにする。また、波長可変レーザ光源を構成するリング形光共振器のループ長を調整することで、波長可変レーザ光源の軸モード間の光周波数間隔が、利得飽和特性を有する半導体光増幅媒体1におけるキャリア回復時間の逆数を越えないように設定する。

【0042】このように構成したリングレーザにおいて、外部から波長指定9があると、その信号を受けてフィルタの制御回路10が指定波長に従って波長可変光フィルタ2の透過中心波長を制御し、その結果、波長指定に一致した中心波長を有するレーザ光を分岐器4の第2の分岐出力8から得ることができる。この出力8はコヒーレント光並に強度が安定なレーザ光である。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、任意の波長を設定してコヒーレント光並に強度が安定なレーザ光を発生することが可能となり、光子数分布がコヒーレント光に対応したポアソン分布に近づく程に安定化した光を発生させることができる波長可変レーザ光源

を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の好ましい一実施形態の波長可変レーザ光源（リングレーザ）の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の構成要素である利得飽和特性を有する半導体光増幅媒体の機能を示すブロック図である。

【図3】本発明の波長可変レーザ光源において、多数の軸モードが波長可変光フィルタの透過中心波長近傍で同時に発振した場合の光スペクトルを波長と強度の関係で表す特性図である。

【図4】本発明の波長可変レーザ光源において、負の相関を有する3つの軸モードの総和（全光強度）が一定となることを波長と強度の関係で示す概念図である。

【図5】従来のリング状の構成を有する高出力・狭スペクトル幅のスペクトルスライス光源の構成例を示すブロック図である。

【図6】図5のリング状のスペクトルスライス光源から出力される光のスペクトルの典型を波長と強度の関係で示す特性図である。

【図7】種々の光（カオス光、安定化されたカオス光、コヒーレント光）に対する光子分布を示す特性図である。

【図8】安定化されたカオス光を用いたデータ転送の受信光強度と誤り率（BER）との関係を示す特性図である。

【符号の説明】

1 半導体光増幅媒体

* 2 波長可変光フィルタ

3 アイソレータ

4 分岐器

5 線形光増幅器

6 偏波制御器

6-1 偏波制御器

6-2 第2の偏波制御器

7 第1の分岐出力

8 第2の分岐出力（光出力）

10 9 波長指定

10 フィルタ制御回路

12 線形利得部分（線形増幅部分）

13 利得飽和部分

14 光出力

15 注入電流

16 波長可変光フィルタの透過中心波長

17 透過波長特性

18 軸モード

19 発振波長領域

20 可変減衰器

21 スペクトルスライス光

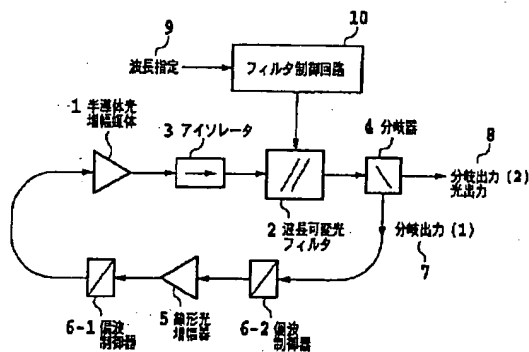
22 累積された自然放光

23 コヒーレント光（ポアソン分布）

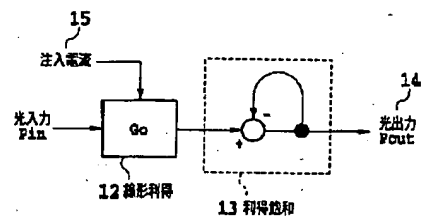
24 安定化スペクトルスライス光（スーパーポアソン分布）

25 単純スペクトルスライス光（ボーズアインシュタイン分布）

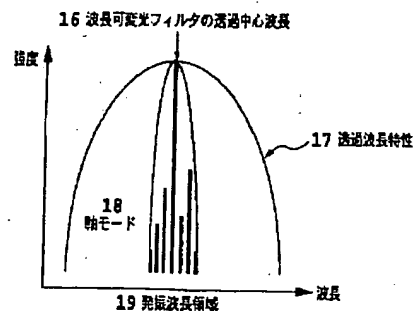
【図1】



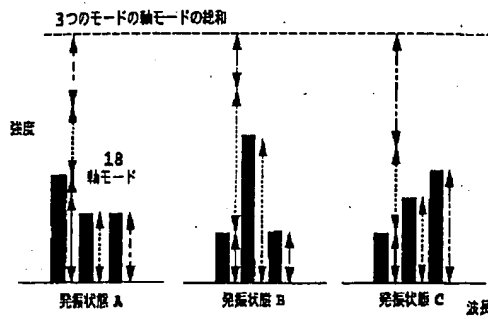
【図2】



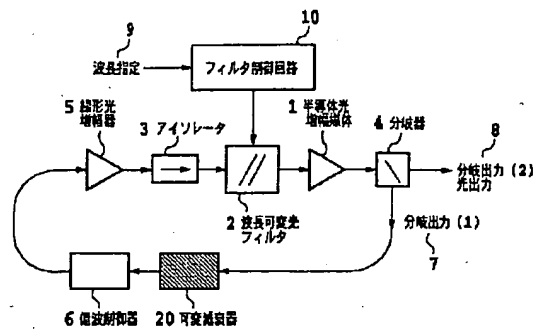
【図3】



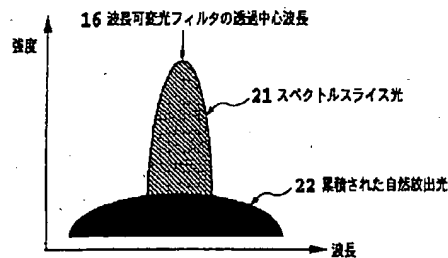
【図4】



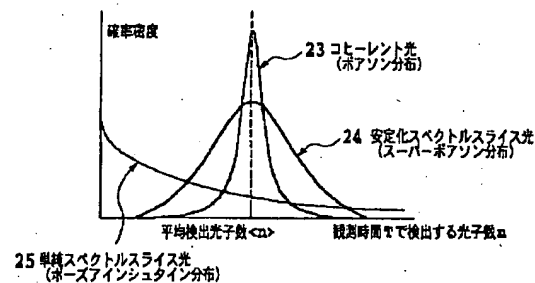
【図5】



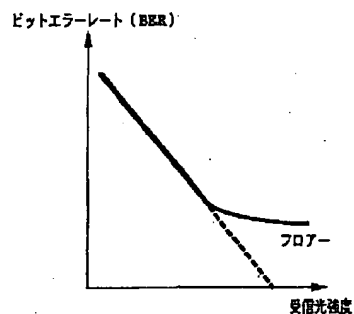
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 謙一
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内
(72)発明者 藤原 正満
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 高知尾 昇
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内
Fターム(参考) 5F072 AB13 HH06 JJ05 JJ13 JJ20
KK15 KK30 LL17 YY15
5F073 AB28 AB30 BA01 EA29

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The semi-conductor optical amplification medium which has the high interest profit saturation characteristics which have a negative feedback operation to optical reinforcement, The isolator which prevents a unnecessary return light, a wavelength good light variation filter, and the turnout for taking out light, It is the tunable laser light source which has the ring form optical resonator which has arranged the linearity optical amplifier which has low interest profit saturation characteristics, and the polarization controller in the shape of a loop formation. Said polarization controller is adjusted so that the effective circumference gain in said ring form optical resonator may serve as max. The wavelength selection width of face of this wavelength good light variation filter is set up so that laser oscillation may be carried out by two or more axial modes which had a cross-correlation near [said] the wavelength good light variation center of filter transmitted wave length. And the tunable laser light source which makes the semi-conductor optical amplification medium which has said high interest profit saturation characteristics by adjusting the gain of the linearity optical amplifier which has said low interest profit saturation characteristics a gain saturation state, and is characterized by for said two or more axial modes correlating by this, and holding the optical output from said turnout uniformly.

[Claim 2] The tunable laser light source according to claim 1 characterized by setting up so that optical frequency spacing between said axial modes of the tunable laser light source may not exceed the inverse number of the carrier recovery time in the semi-conductor optical amplification medium which has said high interest profit saturation characteristics by adjusting the die length of said ring form optical resonator.

[Claim 3] The tunable laser light source according to claim 2 characterized by adjusting the die length of the single-mode optical fiber which has combined optically between each light corpuscle child of said ring form optical resonator, or the double refraction optical fiber holding polarization.

[Claim 4] The tunable laser light source according to claim 1 to 3 characterized by having used the semi-conductor optical amplifier for said linearity optical amplifier, and having arranged the 2nd polarization controller to the input side of this semi-conductor optical amplifier.

[Claim 5] Said wavelength good light variation filter is the tunable laser light source according to claim 1 to 4 which is the variable bandpass filter which performs strange continuous wavelength control, and is characterized by carrying out the sweep of the transparency peak wavelength of this variable bandpass filter synchronizing with an external clock.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the technique of offering the laser light source of a low-strength noise which can set especially wavelength as arbitration, about the tunable laser light source used for a lightwave transmission system.

[0002]

[Description of the Prior Art] The source of a wavelength good light variation is one of the component engineering of the wavelength multiplexing (WDM) method which multiplexes and carries out batch transmission of much signal light on a wavelength shaft. One of the requirements to this source of a wavelength good light variation is the light source which can carry out a wavelength setup freely according to the demand of a lightwave transmission system.

[0003] As such a source of a wavelength good light variation, the tunable laser light source and the simple spectrum slice light source of a single oscillation frequency are offered from the former. The typical tunable laser light source of a single oscillation frequency is laser oscillation equipment of a configuration of that an optical amplification medium and a wavelength good light variation filter are included in a ring or the optical resonator of the Fabry-Perot form. This laser oscillation equipment needs to make selection width of face (parameters, such as full width at half maximum, are estimating) of an optical filter narrower than the axial mode of a resonator in order to carry out laser oscillation by wavelength good light variation center of filter transmitted wave length, and also controls cavity length strictly and is stabilizing the laser oscillation condition so that the optical length of a resonator may become the integral multiple of oscillation wavelength. Although the wavelength variability is decided in the adjustable range of a wavelength good light variation filter, and the gain wavelength band of a laser medium, variability over about 100nm is realized with the laser equipment by which current use is carried out. However, if cavity length shifts from an optimum state slightly, an oscillation will become quickly unstable and a loud noise on the strength will occur. Since it was generated only by few mechanical / thermal turbulence being added to a laser cavity system, such oscillation instability needed the stabilization device in which these turbulence was prevented, in order to acquire a stable oscillation condition. However, these stabilization device has been the failure of application to communication system in order to make laser equipment large-sized.

[0004] On the other hand, in order to conquer the technical problem of the conventional tunable laser light source described above, the simple spectrum slice light source of a simple configuration has been examined. Since this light source is decided with the wavelength good light variation filter whose main wavelength a wavelength setup of arbitration is attained, and also it is the source of a wavelength good light variation which starts the source of the white light crossed to a large wavelength band with a wavelength good light variation filter, and is a passive component, it has the description that a long-term performance guarantee is also possible.

[0005] However, since the time fluctuation of that its slice luminous intensity itself is weak since the simple spectrum slice light source has removed much light with that the minimum value of spectral line width is restricted with the transparency width of face of a wavelength good light variation filter and a filter, and the number of photons detected by filtering was discovered, when optical reinforcement was attenuated, increasing [a noise on the strength]-quickly ** had become a problem.

[0006] In order to solve these technical problems about the simple spectrum slice light source, as shown in drawing 5 , the spectrum slice light source which has the configuration of the resonator of a ring form is proposed by invention-in-this-application persons (bibliography [1]: Katagiri, Suzuki, 531 or Aida "generating of stabilization monochrome noise light" pp. 1999 Institute of Electronics, Information and

Communication Engineers synthesis convention B-10-170).

[0007] The light source shown in drawing 5 has the configuration by which the linearity optical amplifier 5 with small gain saturation characteristics, an isolator 3, the wavelength good light variation filter 2, the semi-conductor optical amplification medium 1 that has gain saturation characteristics, a turnout 4, variable attenuator 20, and the polarization controller 6 have been arranged in the shape of a ring. By the filter control circuit 10 which controls the transparency core wavelength of a filter in response to the wavelength assignment 9 from the outside, by controlling the transparency core wavelength of the wavelength good light variation filter 2, it operates so that the light whose main wavelength corresponded with assignment wavelength from one 1st branching output 8 of a turnout 4 may be generated. And when the light generated by the linearity optical amplifier 5 or the semi-conductor optical amplification medium 1 goes a ring around many times, it is possible to generate light with a large optical output more narrowly [spectral band width] than simple spectrum slice light. In order to increase the number of the circumference, optimization of a polarization condition is performed by the polarization controller 6 to the semi-conductor optical amplification medium 1 with an inevitable polarization dependency.

[0008] Furthermore, in order to oppress the noise on the strength by the number fluctuation of photons which the above-mentioned simple spectrum slice has, the gain saturation characteristics of the semi-conductor optical amplification medium 1 are used. This says that an optical output will be oppressed to an excessive optical input using gain saturation, and serves as structure by which stabilization on the strength is attained from the operation as an optical limiter. Although it is necessary to raise [whether gain of the linearity optical amplifier 5 is made, and], and to raise the optical input level to the semi-conductor optical amplification medium 1 in order to acquire a strong gain saturation operation, on the other hand, the effective gain of a loop formation is lowered with variable attenuator 20, and the laser oscillation of an unnecessary ring resonator is oppressed.

[0009] Drawing 6 shows the type of the wavelength spectrum of the spectrum slice light source improved in this way, often oppresses the accumulation 22 of the spontaneous emission light which the linearity optical amplifier 5 has, and shows the property which spectral band width is narrow and the spectrum slice light 21 of high intensity generates.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] however, although the spectrum slice light source which have the resonator configuration of the conventional ring form as show in drawing 5 be the light source which attained reduction of spectral band width, and the Takamitsu reinforcement-ization as compared with the conventional simple spectrum slice light source, it have the technical problem which should be solve that the use as the light source for optical transmissions of high quality be restrict by the characteristic effect of the noise on the strength based on the number fluctuation of photons so that it may explain below.

[0011] Drawing 7 shows distribution of what standardized the frequency of an event to the several n photon detected within Slot T, i.e., probability density, to various light, when the slot of observation time amount is set to T.

[0012] First, in the case of the simple spectrum slice light 25, frequency serves as a Bose Einstein distribution function which carries out monotone reduction to a several n photon from chaos-behavior. This shows that the probability that a photon will not be detected at all even if the averages of the number of detection photons are $\langle n \rangle$ and a finite value is the highest, becomes the factor which generates a big error by the direct modulation and the direct detection method which identifies 1 or 0 sign by the number of the numbers of photons, and is nonpermissible.

[0013] On the other hand, it is shown that the spectrum slice light source which has the configuration of the resonator of a ring form serves as super Poisson distribution 24 which have the same distribution configuration as this although width of face is wide as compared with Poisson distribution 23 corresponding to coherent light in photon distribution with stabilization on the strength.

[0014] Although the breadth of Poisson distribution 23 corresponding to coherent light does not change when luminous intensity is decreased, the range of other super Poisson distributions 24 or Bose Einstein distribution function 25 spreads. By the limited observation time amount T, the breadth of such distribution serves as a noise on the strength [optical], and is reflected.

[0015] For this reason, as shown in drawing 8, in carrying out data coding of the source of a wavelength good light variation with a modulator on the strength and measuring that error rate (BER: bit error rate), it produces the floor which cannot oppress an error rate even if it increases receiving light reinforcement. (In addition, in probability statistics, although distribution of an ensemble turns into Gaussian distribution when there is much population (here the number of photons), if the number of elements which constitutes the population is generally extracted, the probability distribution of a proper will appear in each.) Here, with the

property of light, when there are extremely few photons, Poisson distribution are discovered by super poisson and the plan from strutt Einstein. Since such distribution is description-ize by chaos light and coherent light, it is use for the judgment of the condition of the light using measurement of a distribution configuration. It is the description of the spectrum slice light which does not form a laser place that a floor as be the relation between receiving light reinforcement and an error rate and show in drawing 8 arises. Such a floor became remarkable with reduction of the time amount slot T, and since it said that optical reinforcement required in the case of high quality data transfer with an error rate small further very increased exponentially, it had become the failure of performing a long span and high bit rate optical transmission.

[0016] The purpose of this invention is to offer the tunable laser light source which can generate the light stabilized, so that cloth approached the Poisson distribution corresponding to coherent light several photon minutes in order to solve the technical problem of the above conventional techniques.

[0017]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, invention of the tunable laser light source according to claim 1 The semi-conductor optical amplification medium which has the high interest profit saturation characteristics which have a negative feedback operation to optical reinforcement, The isolator which prevents a unnecessary return light, a wavelength good light variation filter, and the turnout for taking out light, It is the tunable laser light source which has the ring form optical resonator which has arranged the linearity optical amplifier which has low interest profit saturation characteristics, and the polarization controller in the shape of a loop formation. Said polarization controller is adjusted so that the effective circumference gain in said ring form optical resonator may serve as max. The wavelength selection width of face of this wavelength good light variation filter is set up so that laser oscillation may be carried out by two or more axial modes which had a cross-correlation near [said] the wavelength good light variation center of filter transmitted wave length. And the semi-conductor optical amplification medium which has said high interest profit saturation characteristics by adjusting the gain of the linearity optical amplifier which has said low interest profit saturation characteristics is made into a gain saturation state, and it is characterized by for said two or more axial modes correlating by this, and holding the optical output from said turnout uniformly.

[0018] Here, it can be characterized by setting up so that optical frequency spacing between said axial modes of the tunable laser light source may not exceed the inverse number of the carrier recovery time in the semi-conductor optical amplification medium which has said high interest profit saturation characteristics by adjusting the die length of said ring form optical resonator.

[0019] Moreover, it can be characterized by adjusting the die length of the single-mode optical fiber which has combined optically between each light corpuscle child of said ring form optical resonator, or the double refraction optical fiber holding polarization.

[0020] Moreover, a semi-conductor optical amplifier can be used for said linearity optical amplifier, and it can be characterized by having arranged the 2nd polarization controller to the input side of this semi-conductor optical amplifier.

[0021] Moreover, it is the variable bandpass filter which performs strange wavelength control which said wavelength good light variation filter can continue, and can be characterized by carrying out the sweep of the transparency peak wavelength of this variable bandpass filter synchronizing with an external clock.

[0022]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained to a detail with reference to a drawing.

(Basic configuration of an operation gestalt) The basic configuration and its operation principle of the tunable laser light source which applied this invention are explained first.

[0023] In this invention, the possible wavelength adjustable laser light source of generating the light stabilized, so that cloth approached the Poisson distribution corresponding to coherent light several photon minutes is realized by oscillating two or more axial modes which had a cross-correlation near the wavelength good light variation center of filter transmitted wave length to the wavelength adjustable ring resonator laser which used the optical amplification medium and the wavelength good light variation filter.

[0024] First, the wavelength selection width of face (it has characterized numerically with full width at half maximum) of a wavelength good light variation filter is adjusted to a detail so that it may oscillate by at least two axial modes. When further two or more modes have a negative cross-correlation on the assumption that such a multimode oscillation, the semi-conductor optical amplification medium which has strong gain saturation characteristics is arranged on the path of the light of a ring resonator so that the total number of photons may be held uniformly. Here, it is known that gain saturation will give the run

undergarment force which oppresses fluctuation of the number of photons.

[0025] Drawing 2 shows with a block the function of a semi-conductor optical amplification medium to have such gain saturation characteristics. By drawing 2, since it is easy, it divides into the linearity gain part (multiplier = G_0) 12 without the saturation generated by current impregnation, and the gain saturation part 13 which performs saturation according to a feedback system, and the functional configuration is shown. Therefore, the gain coefficient G of the net of a semi-conductor optical amplification medium ($G = P_{out}/P_{in}$; P_{in} = input light reinforcement, P_{out} = output light reinforcement) is the incident light reinforcement P and the saturation light reinforcement P_s . It uses and is [0026].

[Equation 1]

$$G = G_0 \left(1 + \frac{P}{P_s} \right)^{-1} = G_0 - \frac{P}{P_s} \cdot G_0 \quad (1)$$

[0027] It can write. It means that, as for this (1) type, a semi-conductor optical amplification medium has a negative feedback operation to optical reinforcement. Although it is in bibliography [2] and is already pointed out about the negative feedback operation, the object oppresses the quantum fluctuation of the laser of a pure single mode, it is in generating the number SUKUIZUDO condition of photons, and reference is not made about the correlation between the modes of the following multi-mode laser concerning this invention. (bibliography [2]: Y.Yamamoto, N.Imoto, and S.Machida, and "Amplitude squeezing in a semiconductor laser using quantum nondemolition measurement and negative feedback" Phys.Rev.A, 33, and pp.3243-3260 (1986).)

[0028] In the tunable laser using the semi-conductor optical amplification medium which has such gain saturation characteristics, as shown in drawing 3, much axial modes are oscillating to coincidence focusing on the transparency core wavelength 16 of a wavelength good light variation filter. These axial modes have negative correlation, and those total will become fixed [those total, i.e., a total optical output,], if coherent interferential action is disregarded and considered.

[0029] Drawing 4 is drawing which explained the device of the formation of optical output fixed by such correlation between the modes using the model of the three axial modes, and it is shown that different oscillation conditions A, B, and C have the same total.

[0030] Although, as for the laser beam in such the many modes, the breadth of a spectrum is similar to spectrum slice light, each photon has high coherence nature, and its photon number density is more sharply [than spectrum slice light] high, therefore it is high power. Furthermore, since such a light essentially forms a laser place, cloth approaches Poisson distribution from super Poisson distribution several photon minutes. For this reason, generating of the noise on the strength by the number fluctuation [like the conventional spectrum slice] of photons whose laser beam in such the many modes is removed, and about the same low-strength noise property as single oscillation frequency laser is realized.

[0031] It quantifies and considers having stated above. When the noise on the strength [optical] and enhancement factor accompanying fluctuation of γ and a bias current for the noise on the strength [optical] to which the fluctuation on the strength of the laser beam which goes the inside of H and a ring for the oppression force of the number fluctuation of photons by the run undergarment force based on gain saturation around is impressed by γ and the gain medium are set to γ_{mai} and ξ , respectively, with a ring resonator, it is a degree type [0032].

[Equation 2]

$$\Gamma = \frac{\Gamma_c}{1 + \xi H} + \frac{\Gamma_i}{H + 1/\xi} \quad (2)$$

*****.

[0033] The large inrush current to a semi-conductor optical amplification medium is taken, and when it increases to coincidence, the noise (fluctuation on the strength) γ on the strength carries out asymptotic [of the above-mentioned oppression force H and the enhancement factor ξ] to γ_{mai}/H . Usually, the ordering force (oppression force) H is on the strength [optical] noise γ_{mai} . By comparing, since it is large enough, it can be considered that γ_{mai}/H is 0. Therefore, the oppression force H of the number fluctuation of photons by the run undergarment force can oppress the noise γ on the strength in an effective band. With an effective band, this H is given in approximation as the inverse number of the carrier recovery time. Therefore, the frequency band which can be oppressed goes up and application of it is attained to the data transmission of a high bit rate, so that the carrier recovery time is shortened. By the semi-conductor optical amplification medium (semi-conductor optical amplifier), the carrier recovery time can be shortened to Number ps, theoretically, is the scale of the time amount slot

(10 or less psec) characterized with a high-speed lightwave signal 100Gbps or more, and can expect the reduction effectiveness of the number fluctuation of photons.

[0034] Since it stated above, in the basic mode of this invention A polarization controller is adjusted so that the effective circumference gain in a ring form optical resonator may serve as max. The wavelength selection width of face of a wavelength good light variation filter is set up so that laser oscillation may be carried out by at least two axial modes of a ring form optical resonator. And he is trying for two or more axial modes to hold the optical output from a turnout uniformly correlatively by adjusting the gain of the linearity optical amplifier which has low interest profit saturation characteristics, and making a semi-conductor optical amplification medium into a gain saturation state.

[0035] Moreover, since it corresponds to a high bit rate in addition to an operation of the fundamental ring laser described above, another examination is required when a semi-conductor optical amplification medium with the very short carrier recovery time is used.

[0036] That is, it can respond to high-speed fluctuation so that the carrier recovery time is short, but in order to oppress the number fluctuation of photons quickly by ring form optical-resonator laser, it is necessary to shorten loop-formation length and to raise a loop-formation speed of response. However, if a loop-formation speed of response is made quick too much, since it will become shorter than the carrier relaxation time of a semi-conductor optical amplification medium, fluctuation cannot accumulate and sufficient oppression effectiveness cannot be acquired. For this reason, it is necessary to make a loop-formation speed of response later than the carrier recovery time. Therefore, it is necessary to give the optimal loop-formation length for the carrier recovery time of the semi-conductor optical amplification medium to be used.

[0037] So, in the further mode of this invention, it has set up so that optical frequency spacing between the axial modes of the tunable laser light source may not exceed the inverse number of the carrier recovery time in the semi-conductor optical amplification medium which has gain saturation characteristics by adjusting the die length of the ring form optical resonator which constitutes the tunable laser light source.

[0038] (1st operation gestalt) Drawing 1 shows the configuration of the tunable laser light source of 1 desirable operation gestalt of this invention. The tunable laser light source shown in this drawing constitutes the ring form optical resonator with which the semi-conductor optical amplifier 1 which has high interest profit saturation characteristics, an isolator 3, the wavelength good light variation filter 2, the turnout 4, the linearity optical amplifier 5, and the polarization controller 6-1 have been arranged in the shape of a ring (the shape of a loop formation). Although between each light corpuscle child is usually optically combined using single-mode optical fiber in order to realize such an arrangement configuration, the double refraction fiber holding polarization can also be used.

[0039] Here, the isolator 3 arranged in the optical output port of the semi-conductor optical amplifier 1 within a loop formation defines the direction of the light which goes a ring around, and also has played the role which prevents the oscillation of the optical amplification medium 1 by unnecessary return light. Various wavelength selection filters, such as a dielectric multilayers optical filter and an acoustooptics optical filter, can be used for the wavelength good light variation filter 2, and wavelength is chosen as it through the filter control circuit 10 with whenever [incident angle / of a beam], a transparency location, and impression RF signal frequency, respectively.

[0040] A turnout 4 is used for taking out light (2nd branching output 8) from a loop formation. Through the weak linearity optical amplifier 5 of a gain saturation operation, other 1st branching output 7 outputted from a turnout 4 passes the polarization controller 6-1, and returns to the semi-conductor optical amplification medium 1. The linearity optical amplifier 5 can usually be substituted also for a semi-conductor optical amplifier with very high saturation light reinforcement, although a rare-earth-elements addition fiber form optical amplifier can be used. However, in using the latter semi-conductor optical amplifier as a linearity optical amplifier 5, in order to control plane of polarization and to acquire the maximum gain, it is necessary for the incidence side to arrange the 2nd polarization controller 6-2. It is based on the same reason that the polarization controller 6-1 is arranged at the incidence side (optical input port) of the semi-conductor optical amplification medium 1.

[0041] And the polarization controller 6-1 is adjusted so that the effective circumference gain in a ring resonator may serve as max. The wavelength selection width of face of the wavelength good light variation filter 2 is set up so that laser oscillation may be carried out by at least two axial modes of a ring form optical resonator. And two or more axial modes hold the optical output 8 from a turnout 4 uniformly correlatively by adjusting the gain of the linearity optical amplifier 5 which has low interest profit saturation characteristics, and making the semi-conductor optical amplification medium 1 into a gain saturation state.

Moreover, it sets up that optical frequency spacing between the axial modes of the tunable laser light source may not exceed the inverse number of the carrier recovery time in the semi-conductor optical amplification medium 1 which has gain saturation characteristics by adjusting the loop-formation length of the ring form optical resonator which constitutes the tunable laser light source.

[0042] Thus, in the constituted ring laser, if there is wavelength assignment 9 from the exterior, the laser beam which has the main wavelength which the control circuit 10 of a filter controlled the transparency core wavelength of the wavelength good light variation filter 2 according to assignment wavelength in response to the signal, consequently was in agreement with wavelength assignment can be obtained from the 2nd branching output 8 of a turnout 4. This output 8 is a laser beam with stable reinforcement just like coherent light.

[0043]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, the tunable laser light source which can generate the light stabilized, so that it became possible to set up the wavelength of arbitration and to generate a laser beam with stable reinforcement just like coherent light and cloth approached the Poisson distribution corresponding to coherent light several photon minutes can be offered.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the configuration of the tunable laser light source (ring laser) of 1 desirable operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] It is the block diagram showing the function of a semi-conductor optical amplification medium to have the gain saturation characteristics which are the components of this invention.

[Drawing 3] In the tunable laser light source of this invention, it is the property Fig. which expresses an optical spectrum when much axial modes oscillate to coincidence near the transparency core wavelength of a wavelength good light variation filter with the relation between wavelength and reinforcement.

[Drawing 4] In the tunable laser light source of this invention, it is the conceptual diagram showing that total (total optical reinforcement) of the three axial modes which have negative correlation becomes fixed with the relation between wavelength and reinforcement.

[Drawing 5] It is the block diagram showing the example of a configuration of the spectrum slice light source of the high power and ** spectral band width which has the configuration of the shape of a conventional ring.

[Drawing 6] It is the property Fig. showing the type of the spectrum of the light outputted from the spectrum slice light source of the shape of a ring of drawing 5 with the relation between wavelength and reinforcement.

[Drawing 7] It is the property Fig. showing the photon distribution over various light (chaos light, stable chaos light, coherent light).

[Drawing 8] It is the property Fig. showing the relation of the receiving light reinforcement of data transfer and the error rate (BER) using a stable chaos light.

[Description of Notations]

- 1 Semi-conductor Optical Amplification Medium
- 2 Wavelength Good Light Variation Filter
- 3 Isolator
- 4 Turnout
- 5 Linearity Optical Amplifier
- 6 Polarization Controller
- 6-1 Polarization Controller
- 6-2 2nd Polarization Controller
- 7 1st Branching Output
- 8 2nd Branching Output (Optical Output)
- 9 Wavelength Assignment
- 10 Filter Control Circuit
- 12 Linearity Gain Part (Linear Amplification Part)
- 13 Gain Saturation Part
- 14 Optical Output
- 15 Inrush Current
- 16 Transparency Core Wavelength of Wavelength Good Light Variation Filter
- 17 Transmitted Wave Length Property
- 18 Axial Mode
- 19 Oscillation Wavelength Field
- 20 Variable Attenuator
- 21 Spectrum Slice Light

- 22 Accumulated Spontaneous Emission Light
- 23 Coherent Light (Poisson Distribution)
- 24 Stabilization Spectrum Slice Light (Super Poisson Distribution)
- 25 Simple Spectrum Slice Light (Bose Einstein Distribution Function)

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

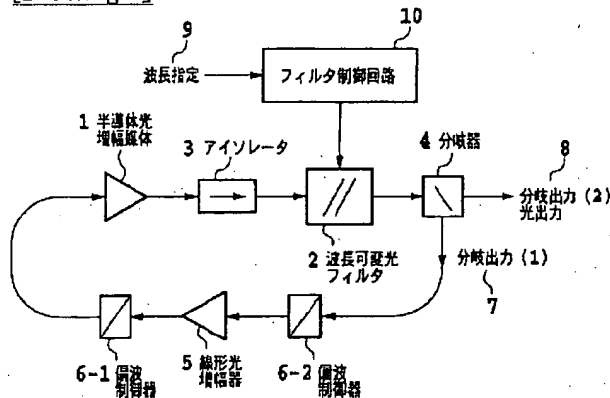
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

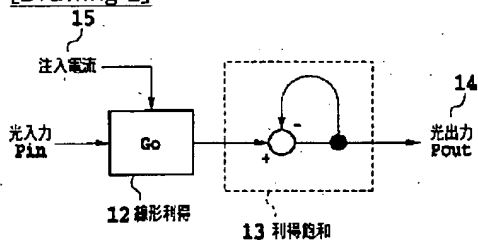
3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

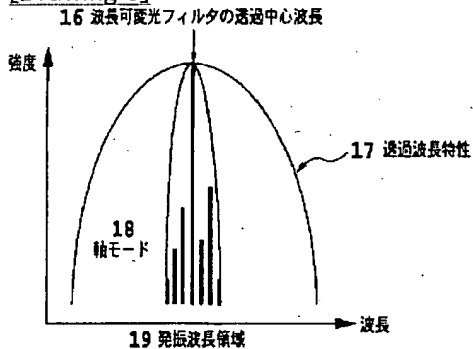
[Drawing 1]



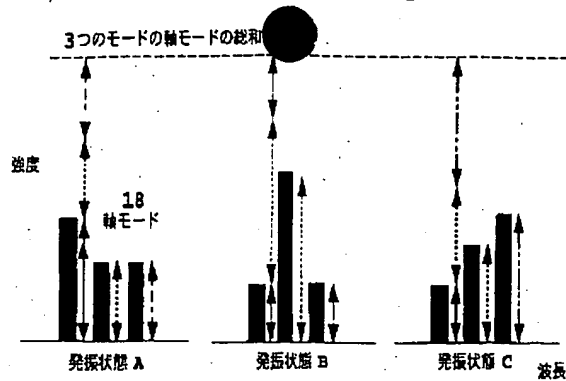
[Drawing 2]



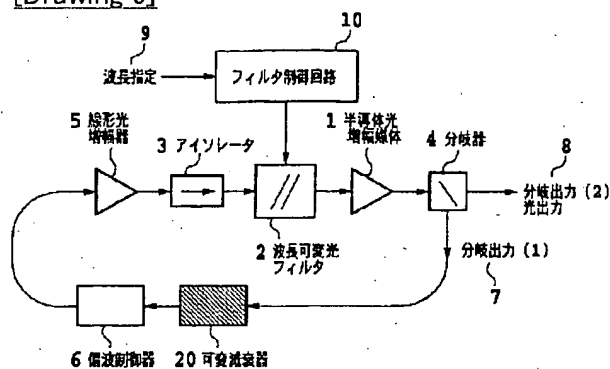
[Drawing 3]



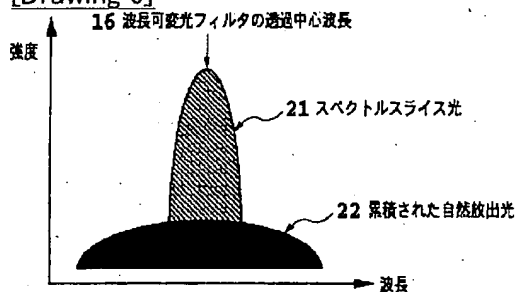
[Drawing 4]



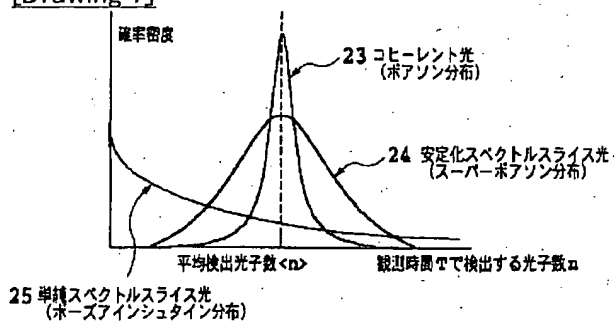
[Drawing 5]



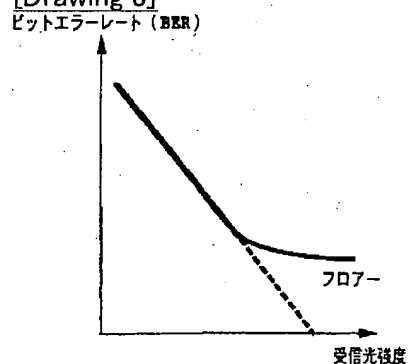
[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Translation done.]